

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»

ТРЕТЯК СОФІЯ КОРНИЛІЇВНА 

УДК 528.92

**МОНІТОРИНГ ГІДРОГРАФІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗАСОБАМИ
ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**

05.24.01 — Геодезія, фотограмметрія та картографія

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів 2019

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті «Львівська політехніка»
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор **Бурштинська Христина Василівна**, Національний університет «Львівська політехніка», професор кафедри фотограмметрії та геоінформатики, м. Львів.

Офіційні опоненти :

– доктор технічних наук, доцент **Кохан Світлана Станіславівна**, Національний університет біоресурсів і природокористування України, завідувач кафедри геоінформатики і аерокосмічних досліджень Землі, м. Київ.
- кандидат технічних наук, доцент **Волошин Володимир Ульянович**, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, доцент кафедри геодезії, землевпорядкування і кадастру, м. Луцьк.

Захист відбудеться «27» червня 2019 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.052.12 у Національному університеті «Львівська політехніка» за адресою: 79013, м. Львів, вул. Карпінського, 6, ауд. 502 II навч. корп.

З дисертацією можна ознайомитись у науковій бібліотеці Національного університету «Львівська політехніка» за адресою: 79013, м. Львів, вул. Професорська, 1.

Автореферат розісланий «27» травня 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

к.т.н., доцент



Паляниця Б.Б.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На сучасному етапі життєдіяльності людства раціональне використання гідрографічних ресурсів становить важливу проблему господарської діяльності. Власне тому русловими процесами та дослідженнями стану річок займаються цілі галузі науки і техніки: гідрологія, гідродинаміка та в останні десятиліття геоматика. З часом русла річок змінюють своє горизонтальне і висотне положення. За 30-50 років річка може зміститись на відстань, що дорівнює ширині русла або й більше, можуть з'явитись нові протоки, рукави тощо. Зазвичай такі зміщення є результатом повеневих та паводкових явищ, спричинених кліматичними, фізико-географічними та антропогенними чинниками, слабостійкими породами та ґрунтами, вирубкою лісів та забором гравійно-піщаних матеріалів з русла річки. Крім того, збільшення кількості сезонних опадів, повторюваність аномальних сезонів обумовлюють не лише зростання рівня води в руслі, але і збільшення рукавів річки, обводнених стариць та заплави, зміну місцеположення русла. Зміни русла значно впливають на природні і культурні ландшафти та на господарську діяльність людини. З іншого боку, антропогенна діяльність, зокрема, гірничодобувні та будівельні роботи у долинах ріки теж зумовлюють зміну русла.

Нові перспективи дослідження руслових процесів річок відкриваються з використанням даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій. Такий підхід дозволяє отримувати інформацію про руслові процеси за значний часовий період, встановлювати причини деформацій, прогнозувати їх зміни та моделювати процес у разі виникнення надзвичайних ситуацій. Результати моніторингу руслових процесів річок необхідно враховувати під час розв'язання низки завдань, зокрема:

- проектування та спорудження гідротехнічних об'єктів;
- проектування ліній електропередач при переході через річки;
- вибір трас газотранспортних мереж;
- визначення зон затоплення та масштабів руйнацій після паводкових чи повеневих явищ;
- встановлення меж охоронних зон;
- здійснення рекреаційної діяльності;
- вивчення стану прикордонних земель за встановлення кордону по фарватеру річок;
- вплив зміщень русла на екологічні процеси.

Все це пояснює значне наукове і практичне зацікавлення русловими процесами річок. Значний вклад в теорію руслових процесів зробили: Чалов Р.С., Маккавєєв Н.І., Лохтін В.М., Попов І.В., Blackwell W., Bridge J., Buffington S. та інші. Вони заклали основи розвитку вчення про руслові процеси як науки, дослідили вплив різних чинників на руслові процеси, формування русел, морфологічні особливості та аналіз руслових зміщень річок. В Україні дослідженням руслових процесів займались : Ковальчук І.П., Ободовський О.Г., Ющенко Ю.С. та інші. В їх дослідження входили питання

гідроморфологічного аналізу, розгляду формування поздовжніх профілів та розвитку заплавлі річок, а також типів русел річок.

Починаючи з 2002 року, на кафедрі фотограмметрії та геоінформатики Національного університету «Львівська політехніка» питання зміщень та зміни конфігурації русел річок Дністра та Тиси стали предметом досліджень Бурштинської Х.В., Шевчука В.М. та ін.. На кафедрі кадастру територій Національного університету «Львівська політехніка» в дисертаційній роботі Сай В.М. розглядалися питання визначення та охорони прибережних зон.

Про актуальність проблеми визначення змін русел річок та проведення їх моніторингу свідчить ряд державних та адміністративних постанов і рекомендацій, а також численні з тих питань науково-дослідницькі праці. В Україні у 1995 р. прийнято Водний кодекс; у 2001 р. - Земельний кодекс; постанови Кабінету Міністрів України різного типу, які стосувалися водоохоронної діяльності, прийнято у 1996 та 2009 рр. В Польщі опрацьовано проект ISOK "Програмна система захисту країни від надзвичайних загроз", який спрямований на створення системи, що покращить захист економіки, довкілля та суспільства від надзвичайних загроз, зокрема від повеней та паводків.

Сьогодні постає необхідність детального опрацювання методів організації моніторингу зміщення русел річок, дослідження процесів їх меандрування, що пов'язане із зміною водоохоронних зон та також визначенням затоплених земель. Дані ДЗЗ та сучасні геоінформаційні системи, зокрема спеціальні модулі, дозволяють за певними гідрологічними моделями визначати зони затоплення та проводити прогнозування таких зон, а також складати тематичні карти, пов'язані з підтопленням та затопленням земель.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Виконані дослідження відповідають науковому напрямку кафедри фотограмметрії та геоінформатики інституту геодезії Національного університету «Львівська політехніка» «Розробка та дослідження методів фотограмметрії, дистанційного зондування та геоінформаційних технологій для кількісної та якісної оцінки об'єктів, явищ і процесів».

Тематика наукового дослідження пов'язана з проектом «Транскордонне співробітництво в басейні річки Дністер», підготовленому в межах компоненту «Зміна клімату і безпека в басейні річки Дністер», проекту «Зміна клімату і безпека у Східній Європі, Центральній Азії та Південному Кавказі», який реалізується Європейською економічною комісією ООН та організацією з безпеки та співробітництва в Європі.

Тематика відповідає питанням, які поставлено у Водному кодексі України.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є опрацювання методики моніторингу дослідження горизонтальних зміщень русла річки Дністер від витоків до м. Заліщики та лівобережних і правобережних її приток за різночасовими топографічними картами, спеціальними картами та космічними знімками. Такий комплексний підхід до використання різних матеріалів для отримання вхідної інформації про русло річки з її опрацюванням за допомогою геоінформаційних систем дає можливість проводити моніторинг зміщень русла,

визначати причини та величини горизонтальних зміщень за значний часовий період. Серед різних чинників особливу увагу надано дослідженню впливу геолого-геоморфологічних структур на характер зміщень річки Дністер та його правобережних і лівобережних приток. Карти ґрунтів та четвертинних відкладів також є підставою для встановлення суттєвих причин зміщень русла річки Дністер та її приток.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати основні чинники змін руслових процесів, методи їх виявлення та фіксації.

2. Проаналізувати вплив похибок вхідних матеріалів на точність горизонтальних зміщень річок за перехід від однієї картографічної проекції до іншої.

3. Опрацювати методику дослідження горизонтальних зміщень русла річки Дністер за довготривалий період на підставі топографічних карт, спеціальних карт, даних ДЗЗ з використанням для їх опрацювання геоінформаційних технологій.

4. Здійснити аналіз горизонтальних зміщень річки Дністер та її лівобережних та правобережних приток за 100-140 літній період. Виявити вплив геолого-геоморфологічних структур на зміщення річки Дністер та її притоки.

5. Проаналізувати математичні вирази визначення стійкості річок, подані в спеціальній літературі, та опрацювати математичний вираз та критерії визначення стійкості із урахуванням ширини заплави.

6. Застосувати методику побудови цифрової моделі рельєфу з використанням БПЛА для ділянки річки із ускладненим меандруванням.

Об'єктом дослідження є руслові процеси, зокрема горизонтальні зміщення русла річки Дністер та її лівобережних і правобережних приток.

Предметом дослідження є методи і технології моніторингу горизонтальних зміщень русла річки Дністер та русел його основних приток на підставі топографічних карт, космічних зображень, спеціальних карт за різні часові періоди.

Методи дослідження. Для розв'язання комплексу питань, які сформовано в дисертаційній роботі стосовно зміщень русла річки Дністер та його лівобережних і правобережних приток, застосовано методи математичної обробки даних, аналізу зміщень русла річки Дністер та його приток, а також статистичні підходи до вивчення питань, пов'язаних із стійкістю русел річок.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше запропоновано визначати горизонтальні зміщення річок на підставі концептуальної моделі з використанням за різні часові періоди топографічних карт різних масштабів, космічних зображень, знімків, отриманих з БПЛА, спеціальних карт з їх опрацюванням за допомогою геоінформаційних систем.

2. Визначено параметри переходу для різних картографічних проекцій та точність трансформації топографічних карт Галичини австрійського та

радянського періодів їх створення за допомогою спрощених формул Молоденського.

3. Здійснено аналіз горизонтальних зміщень русла річки Дністер та його лівобережних і правобережних приток за 100-140 річний період, що дозволило виділити основні характерні ділянки русла річки Дністер та його приток.

4. Вперше досліджено вплив геологічних структур на руслові процеси річки Дністер і його лівобережних та правобережних приток, виявлено суттєву залежність їх від основних геологічних структур, а саме Передкарпатського прогину та Волино-Подільської плити.

5. Вперше проаналізовано математичні вирази щодо стійкості річок, запропоновані різними авторами, здійснено порівняльний аналіз критеріїв стійкості з визначеними горизонтальними зміщеннями річки Дністер та його приток. Запропоновано вираз для визначення стійкості річок із урахуванням ширини заплави.

Для виконання дисертаційної роботи використано матеріали, надані такими науковими інституціями та підприємствами, за що автор виражає їм вдячність:

1. Державне підприємство «Західгеодезкартографія» (топографічні карти масштабів 1:100000 річок Дністер та Стрий).

2. Львівська геологорозвідувальна експедиція (геологічні, четвертинних відкладів та карти ґрунтів на територію річок Стрий і Дністер).

3. Архівний відділ Львівського обласного управління земельних ресурсів (карти ґрунтового покриву р. Дністер).

Практичне значення одержаних результатів. Методика та результати досліджень можуть бути використані в гідротехнічних службах, організаціях і відомствах, що займаються проектуванням будівництва річкових переходів, обласних та районних управліннях водного господарства, в науково-дослідних установах – Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті (УкрНДГМІ, м. Київ), Інституті гідротехніки і меліорації УААН (ІГІМ, м. Київ), Українському науково-дослідному інституті водогосподарсько-екологічних проблем (УНДІВЕП, м. Київ).

Основні положення, що виносяться на захист.

1. Методика моніторингу горизонтальних зміщень русел річок за концептуальною моделлю, підставою якої слугують топографічні карти, матеріали ДЗЗ, спеціальні карти з їх опрацюванням за допомогою геоінформаційних систем.

2. Дослідження впливу геологічних структур на характер руслових процесів річки Дністер та її приток.

3. Аналіз горизонтальних зміщень річки Дністер та її приток за 100-140 років.

4. Аналіз стійкості русел річки Дністер та її приток на підставі визначених горизонтальних зміщень. Вираз стійкості із врахуванням ширини заплави річки.

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати дисертаційної роботи, отримані автором, опубліковано у співавторстві у працях [1, 2, 4, 5, 6, 7,

8, 9, 10, 11, 12] та одноосібно у [3]. У роботах [1, 4, 5] опрацьовано методикку моніторингу та розроблено загальну технологічну схему опрацювання матеріалів; зроблено прив'язку топографічних карт; здійснено синтезацію космічних зображень та проаналізовано геологічну структуру за допомогою спеціальних карт. У працях [6, 7, 8] здійснено створення синтезованих зображень із КЛА Landsat 7 та Landsat 8 та векторизацію русел річок. У [9, 11, 12] проведено аналіз зміщення русла річки Дністер за різночасовий період; проведено аналіз загальної проблеми руслових деформацій та визначено коефіцієнти звивистості русел. У [2, 3, 10] виконано вимірювання максимальних зміщень русла річки Дністер та його приток; обчислено коефіцієнт стійкості русла річки Дністер та його приток; здійснено вимірювання площі островів та стариць та проаналізовано різні чинники, які впливають на розвиток руслових процесів.

Апробація результатів роботи. Основні теоретичні та експериментальні результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на:

- 1) XXIII ISPRS Congress, Commission VII 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic;
- 2) VII Міжнародній науково-практичній конференції «Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні, лісовпорядкуванні та природокористуванні» (Ужгород- Синеvir), 6-8 жовтня 2016 р.;
- 3) XXII Міжнародній науково-технічній конференції Геофорум-2017, Львів - Брюховичі - Яворів, 24-27 квітня 2017 року;
- 4) VIII Międzynarodowa konferencja naukowa «Innowacyjne technologie geodezyjne, zastosowanie w roznych dziedzinach gospodarki». Rzeszow, Polska, 7-9 czerwca 2017 r.;
- 5) 8-а Міжнародна науково-технічна конференція: «Моніторинг довкілля, фотограмметрія, геоінформатика – сучасні технології та перспективи розвитку» 2017 р., (Львів – Східниця);
- 6) XXIII Науково-технічна конференція «Геофорум – 2018», 18–20 квітня 2018 року, Львів - Брюховичі – Яворів;
- 7) VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowa “Gromadzenie i przetwarzanie danych geodezyjnych i gospodarczych”, 25-26 pazdziernika 2018 r. (Jaroslaw, Polska).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 12 наукових праць. П'ять статей видано у наукових фахових виданнях з переліку ВАК України, одна з них входить до наукометричної бази Web of Science. У закордонних виданнях опубліковано три наукові статті, дві з них включені в наукометричні бази, одна з них входить до наукометричної бази Scopus, а інша до наукометричної бази Index Copernicus. Чотири публікації надруковано у збірниках тез наукових конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (334 найменування) та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 212 сторінок, ілюстрації складають : 91 рисунок, 52 таблиці, додатки А-В.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі розкрито актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та завдання досліджень, висвітлено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, сформульовано основні положення, які виносяться на захист, викладено відомості про апробацію роботи, повноту публікацій результатів та їх впровадження.

В першому розділі дисертаційної роботи **«Руслові процеси та їх дослідження за матеріалами ДЗЗ та ГІС-технологій. Аналіз літературних джерел»** розглянуто суть руслових процесів та їх основні характеристики, зокрема : основні морфометричні характеристики, класифікацію річок, методи їх дослідження, методи визначення стійкості і звивистості русел річок. Аналіз літературних джерел стосується як теоретичних підходів, так і експериментальних робіт, пов'язаних з русловими процесами, зокрема методикою дослідження зміщень русел.

Досліджено основні чинники, які впливають на руслові зміщення. Встановлено, що серед різних чинників на характер зміщень річки Дністер та його правобережних і лівобережних приток значний вплив мають геолого-геоморфологічні структури.

Розглянуто подані різними авторами вирази розрахунку коефіцієнта стійкості русла річок та коефіцієнт звивистості. Доведено, що подані залежності не враховують всіх чинників, які впливають на руслові процеси. Тому питання залишається відкритим щодо детального врахування чинників, таких як характер заплави, ерозійні особливості та зміна ландшафту.

У другому розділі дисертаційної роботи **«Методика дослідження зміщень річки Дністер»** подано опрацьовану концептуальну модель дослідження горизонтальних зміщень річок (рис. 1), яка базується на використанні топографічних карт, знімків, отриманих з БПЛА, космічних знімків та спеціальних карт з опрацюванням всіх матеріалів з використанням ГІС-технологій. Безпосереднє опрацювання топографічних карт та космічних знімків у програмному середовищі ArcGIS з поданням основних процесів для визначення зміщень русел річок подано в структурній схемі запропонованої методики визначення горизонтальних зміщень річки Дністер та його приток, яку подано у дисертаційній роботі. Методологія дослідження базується на використанні топографічних карт, супутникових знімків та спеціальних карт різного часового періоду.

Концептуальна модель дослідження горизонтальних зміщень річок

Опрацьовано концептуальну модель визначення горизонтальних зміщень русла Дністра та його приток, підставою якої слугують топографічні карти різних періодів, космічні зображення та карти четвертинних відкладів, а також карти ґрунтів з опрацюванням всіх матеріалів у програмному середовищі ArcGIS, що дає можливість здійснити аналіз зміщень та отримати їх метричні значення (рис. 1).



Рис. 1. Концептуальна модель дослідження горизонтальних зміщень річок

Для моніторингу зміщень русла річки Дністер довжиною 440 км було використано : топографічні карти масштабу 1:75000, 1:200000 та 1:100000 (австрійський період – (1879-1910 рр.), польський період – (1928-1930 рр.), радянський період – (1976-1989 рр.); супутникові знімки Landsat 5 (1986 р.), Landsat 7 (2000 р.), Landsat 8 (2014 р.) та Sentinel 2 (2016-2017 рр.); карти четвертинних відкладів та карти ґрунтів масштабу 1: 200000 (рис. 2).

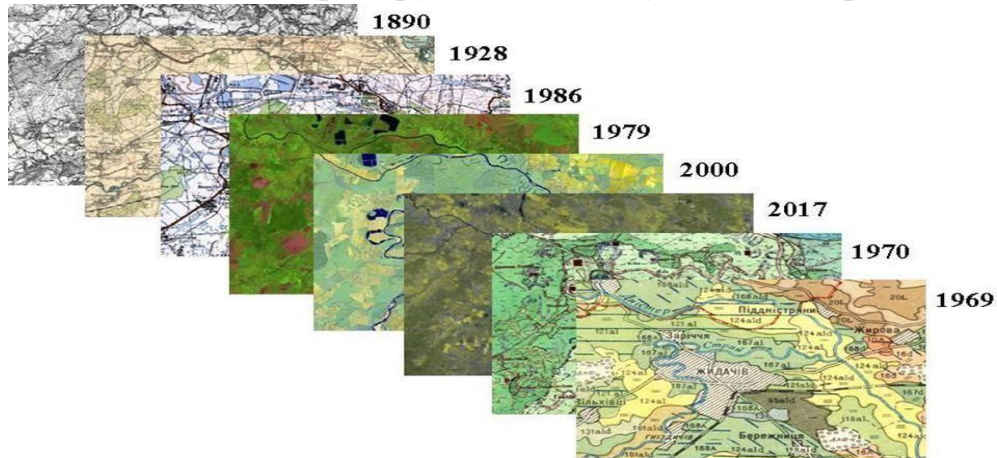


Рис. 2. Матеріали дослідження

Загальна кількість матеріалів використаних для дослідження річки Дністер : австрійських карт – 9, польських карт – 8, радянських карт – 14, космічних знімків – 7, карт четвертинних відкладів та ґрунтів – 9. Для правобережних приток : австрійських карт – 4, радянських карт – 8, космічних знімків – 5, карт четвертинних відкладів та ґрунтів – 6. Для лівобережних приток : австрійських карт – 2, польських карт – 14, радянських карт – 12, космічних знімків – 3, карт четвертинних відкладів та ґрунтів – 2.

Вплив геологічних структур на руслові процеси

В ході опрацювання матеріалів, які стосуються зовсім інакшого характеру змін правобережних і лівобережних приток Дністра, прийшли до висновку про

необхідність ретельного розгляду геологічних структур на ділянці досліджень. Тому, зосереджено увагу на характерному впливі цих структур на руслові процеси ділянок річки Дністер, так і його лівобережних та правобережних приток. Аналіз основних геологічних структур свідчить, що на формування характеру русла Дністра та його основних правобережних приток впливають структури меж Передкарпатського прогину. Правобережні притоки проходять через Скибовий покрив Українських Карпат, внутрішню та зовнішню зону Передкарпатського прогину. Лівобережні притоки перетинають Волино-Подільську плиту. Напрямок головних приток Дністра контролюється тектонічними особливостями окремих ділянок, в Карпатській частині поперечними розломами. Виключенням є річка Стрий, в якій частина русла контролюється літологічними особливостями (рис. 3).

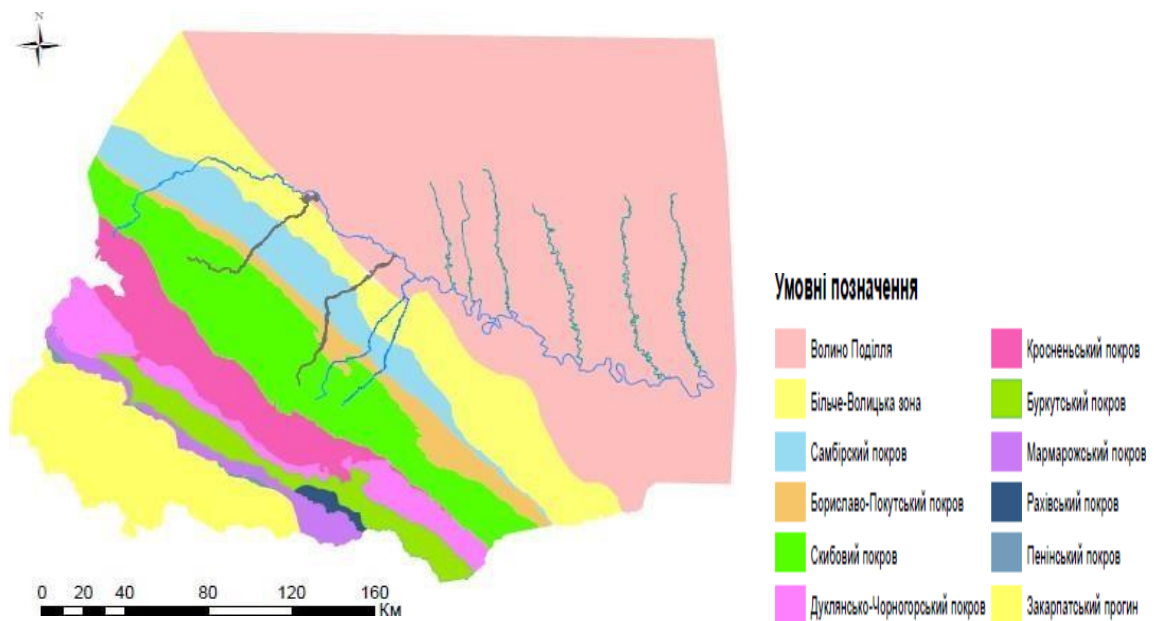


Рис. 3. Досліджувані річки, накладені на тектонічні структури заходу України

Дослідження точності трансформації топографічних карт Галичини австрійського та радянського періодів

Використані для досліджень матеріали різних часових періодів вимагають оцінки точності їх трансформації. Ці дослідження виконано двома методами. Безпосередній метод степеневих поліномів з використанням програмного продукту ArcGIS 10.1. та метод визначення параметрів перетворень між різними системами координат з використанням спрощених формул Молоденського з оцінкою точності трансформації.

Оскільки використовувані топографічні карти створені в різні часові періоди та в різних картографічних проекціях, а космічні зображення в проекції UTM (табл. 1), необхідно всі матеріали привести до універсальної топографічної проекції Меркатора UTM. Для перетворення однієї картографічної проекції в іншу використано степеневий поліном. Вираз перетворення однієї картографічної проекції в іншу за допомогою степеневих поліномів подано у дисертаційній роботі.

Основні матеріали для дослідження горизонтальних зміщень русла річки Дністер

№ п/п	Вхідні матеріали	Рік видання/знімання	Еліпсоїд	Тип проєкції	Система координат
1.	Топографічна карта (Австро-Угорщина, Польща)	1879-1930	Австрійський еліпсоїд 1810 р.	Зольднера - Кассіні	Система координат Галичини
2.	Топографічна карта (СРСР)	1976-1989	Красовського	Гаусса - Крюгера	СК-42
3.	Космічний знімок Landsat 7	2000	WGS-84	UTM	WGS-84
4.	Космічні знімки Landsat 8	2014	WGS-84	UTM	WGS-84

Для прив'язки використано спільні точки, які ідентифіковано на двох зображеннях : ними слугували мости, точки переїздів на залізничних коліях, культові споруди тощо.

Загалом перетворення здійснено для всіх карт. Із аналізу точності перетворень, яка визначається за середньою квадратичною помилкою встановлено, що для різних матеріалів вона становить: між картою австрійського періоду та космічним знімком – 20-25 м; між радянською картою та космічним знімком – 10-15 м.

Перетворення між системами координат

Наступний крок наших досліджень полягав у визначенні параметрів перетворень між різними системами координат з використанням спрощених формул Молоденського з оцінкою точності трансформації. Вихідними даними слугували карти III військового-топографічного знімання Австро-Угорської імперії, виконаного в 1806-1869 рр. в масштабі 1:28 800, та радянські топографічні карти 1980-1990 р в масштабі 1:25000. Використано кілька аркушів карт масштабу 1:25000 для уточнення ідентифікації вибраних точок. Кожен лист австрійської карти в масштабі 1:25 000 охоплює ¼ аркуша карти в масштабі 1:75 000 через спеціальну розграфку в період створення, а нумерація відповідає нумерації в тій же шкалі, наприклад, карта в масштабі 1:25 000 з номером "4573/SO", є правим нижнім аркушем карти в масштабі 1:75 000, № 4573.

Для оцінки точності трансформації історичних карт до сучасних топографічних карт створених на геодезичній основі важливою є інформація про їх системи відліку. При створенні карт австрійського періоду використовувався Австрійський еліпсоїд (1810), параметри якого представлено у дисертаційній роботі. Топографічні карти радянського періоду створені у системі координат СК-42, параметри якої наведено у дисертаційній роботі.

На рис. 4 подано схему визначення параметрів перетворення координат.



Рис. 4. Схема визначення параметрів перетворення координат

Для визначення параметрів перетворень між двома системами координат, можна використати формули Гельмерта або Молоденського. Для знаходження точних параметрів переходу між системами координат застосовують метод Гельмерта з семи параметрами (dx , dy , dz - зміщення центру координатної системи; $d\alpha$, $d\beta$, $d\gamma$ - кутових елементів; k - параметр масштабу). Для калібрування історичних топографічних карт достатньо застосувати спрощену трансформацію з трьома параметрами (dx , dy , dz) за допомогою спрощеного методу Молоденського.

Через складність визначення висотних позначок точок при обчисленні параметрів перетворень використано спрощені формули Молоденського.

$$\Delta B = -\sin \alpha \cos \beta \Delta \alpha - \sin \alpha \sin \beta \Delta \beta + \cos \alpha \Delta \alpha + (\Delta \alpha + \Delta \beta) 2 \sin \alpha \cos \beta; \quad (1)$$

$$\Delta L \cos \alpha \Delta \alpha = -\sin \alpha \Delta \alpha + \cos \alpha \Delta \beta; \quad (2)$$

$$\Delta h = \cos \alpha \cos \beta \Delta \alpha + \cos \alpha \sin \beta \Delta \beta + \sin \alpha \Delta \alpha + (\Delta \alpha + \Delta \beta) \sin^2 \alpha - \Delta \alpha, \quad (3)$$

де: ΔB , ΔL – різниця широт та довгот ідентифікованих точок на картах австрійського і радянського періодів;

α , β - широта та довгота ідентифікованих точок на картах радянського періоду (еліпсоїд Красовського);

Δh - різниця еліпсоїдальних висот ідентифікованих точок на картах радянського та австрійського періоду;

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ – зміщення центрів еліпсоїда Красовського відносно австрійського еліпсоїда 1810 р.;

$\Delta a, \Delta f$ – різниця великих півосей та параметрів стиснення еліпсоїдів Красовського та австрійського періоду 1810 р.

На основі відібраних 50 точок було отримано такі параметри $\Delta X= 2137$ м, $\Delta Y=472$ м, $\Delta Z = -215$ м. Середня квадратична похибка визначення параметрів $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ складає 4,7 м. Середня квадратична похибка перетворення координат складає 25 м.

Опрацьований метод калібрування історичних карт на основі перетворення систем відліку дозволяє зберегти високу точність відображення земної поверхні, збільшення картометричних значень менш точних карт. Встановлено, що метрики карт після калібрування суттєво покращуються і стають корисними при визначенні точних даних про відстані, площу та форми об'єктів та їх зміни у часі.

Дослідження русел річок та аналіз їх горизонтальних зміщень

Залежно від характеру горизонтальних зміщень та морфологічних властивостей ділянку річки Дністер від витоку (с. Лімна) до м. Заліщики поділено на 5 частин : 1) гірську; 2) горбисто-рівнинну; 3) болотисто-рівнинну; 4) рівнинну; 5) каньйонну. Довжина досліджуваного об'єкту – 440 км. Для отримання метрики руслових зміщень здійснено виміри зміщень. Загалом набирали від 10-30 точок на ділянку залежно від характеру їх зміщень. В табл. 2 подано максимальні зміщення усіх п'яти ділянок.

Таблиця 2

Максимальні горизонтальні зміщення русла річки Дністер

Типи ділянок	Зміщення (м)
Гірська	100-200 (1879-1989 рр.)
Горбисто-рівнинна	500-600 (1879-1989 рр.)
Болотисто-рівнинна	800-1050 (1886-1928 рр.)
Рівнинна	600-870 (1930-1985 рр.)
Каньйонна	200-300 (1910-1923 рр.)

Аналіз зміщень гірської частини річки Дністер. Довжина гірської ділянки – 38,2 км. В гірській частині зміщення русла річки Дністер є порівняно незначними, що пов'язано з геологічною будовою та розмірами річкової заплави.

Аналіз зміщень горбисто - рівнинної частини річки Дністер. При дослідженні головну увагу надано десятикілометровій ділянці із найбільшою звивистістю русла ($\alpha' = 1,33$) і найсуттєвішими зміщеннями. Ця частина річки є найбільш паводконебезпечною, тому що річка виходить з гір на рівнину. На рис. 5 подано цю ділянку разом із оцифрованими руслами, де зауважено значні горизонтальні зміщення з 20 точок вимірювання. Особливо небезпечним для довкілля є значний вигин річки поблизу залізничної колії (точка 15). Для цієї ділянки із складним меандруванням здійснено знімання з БПЛА. Найбільші

зміни характеру меандра зауважено в період 1989-2014 рр. Важливим є характер зміщень : в точці 16 та 17 зауважено у 1989 р. значний меандр, який на сучасному знімку (2014 р.) спостерігаємо як старицю. Не менш цікавими є зміни русла в точці 15 від значного вигину (1879 р.) до ускладненого меандра у 2014 р..

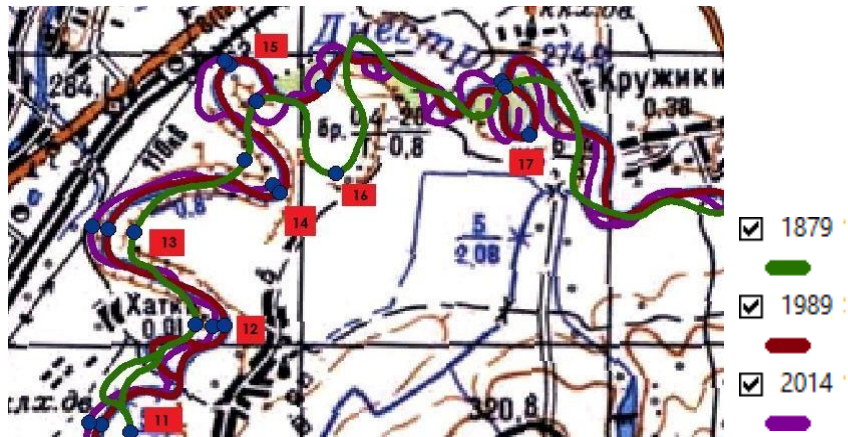


Рис. 5. Ділянки річки Дністер біля с. Кружники з оцифрованими руслами, нанесеними на топографічну карту 1989 р.

Аналіз зміщень болотисто-рівнинної частини річки Дністер. Довжина ділянки 70 км. Цікавою ділянкою при переході з гірської та горбисто-рівнинної частини річки Дністер до рівнинної є ділянка розташована в широкій болотистій долині. Ця територія характерна великою кількістю затоплених земель. На ділянці у 1970-80-х рр. з метою осушення земель проведено меліорацію та гідротехнічні роботи. На рис. 6 подано графік зміщень русла річки Дністер болотисто-рівнинної частини. З графіка можна зробити висновок про систематику зміщень. У цій частині річка Дністер в останні десятиліття зміщувалась в сторону природного русла.

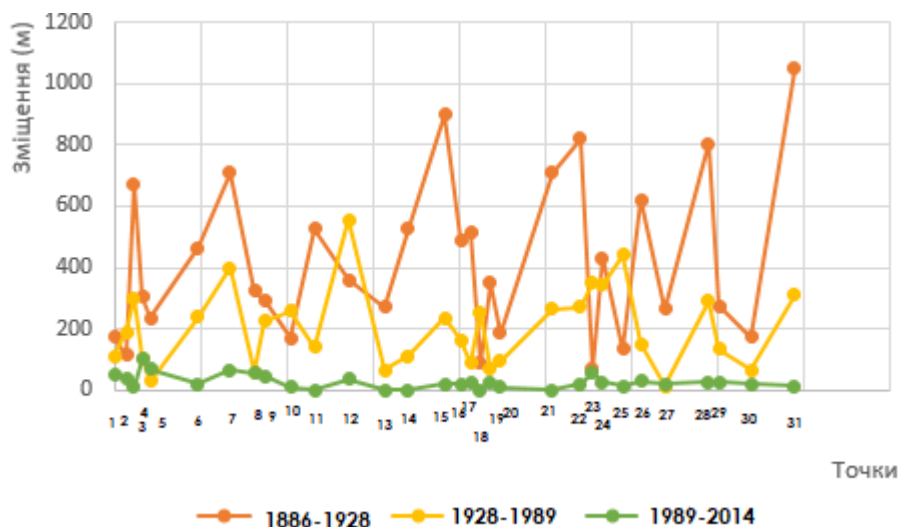


Рис. 6. Графік зміщень болотисто-рівнинної частини річки Дністер
Аналіз зміщень рівнинної частини річки Дністер. Довжина ділянки 157 км. Рівнинна частина річки Дністер характерна великою кількістю стариць та

островів. У цій ділянці русло річки, безумовно, залежить від геоморфологічних властивостей місцевості. Досліджувана ділянка характерна значним меандруванням.

Аналіз зміщень каньйонної частини річки Дністер. Довжина ділянки 137 км. Загалом, ця ділянка не характеризується значними зміщеннями. Каньйонна частина характерна у багатьох місцях виходом на поверхню корінних порід, структурні особливості яких (наявність в них розломів та тріщин меридіональної та широтної орієнтацій) зумовлюють напрям та характер русла Дністра.

Дослідження стійкості та звивистості русла річки Дністер

Використовуючи формули, подані у спеціальній літературі, розраховано показники стійкості русла для ділянок досліджуваної річки. В наукових розробках описано два підходи визначення стійкості. Відповідно до першого підходу коефіцієнт стійкості русла визначається на певних ділянках незначної довжини, де річка має аналогічні характеристики. За другим підходом визначають показники стійкості за даними морфометричних характеристик з використанням запропонованих математичних виразів.

Передтим, як розраховувати стійкість русла, було розраховано звивистість русла річки Дністер для 5 ділянок. Це є одна з визначальних характеристик річок, її обчислюють за допомогою коефіцієнта звивистості та використано прийнятий в спеціальній літературі поділ річок стосовно звивистості, які подано у дисертаційній роботі. Досліджено, що надзвичайно звивистою є каньйонна ($\alpha'_{\square} = 2,39$) ділянка річки. Решта ділянок є слабо та помірно звивистими.

У дисертаційній роботі наведено основні морфометричні характеристики зазначених п'яти ділянок русла річки, а в табл. 3 подано розрахункові коефіцієнти стійкості русла. За результатами розрахунків встановлено суттєві розбіжності між показниками стійкості, які стосуються ділянок 1 та 5.

Коефіцієнт звивистості може бути одним з показників стійкості, лише для ділянок із значною шириною заплави. Наприклад, для каньйонної ділянки коефіцієнт звивистості $\alpha'_{\square} = 2,4$, однак русло річки є стійким, оскільки чинником стійкості є породи, що формують береги річки. Математичні вирази для розрахунку стійкості запропонували такі вчені: Маккавеев Н.І., Лохтін В.М., Глушков В.Г. та інші. Аналіз запропонованих виразів засвідчує, на нашу думку, деяку прогалину у використанні вхідних параметрів, а саме відсутність у виразах такої величини руслових процесів як ширина заплави. Тому запропоновано визначати коефіцієнт стійкості русла, врахувавши ширину заплави, як важливу характеристику руслового процесу.

Вираз для коефіцієнта стійкості має вигляд:

$$\alpha'_{\square} = \frac{B'}{B} * \alpha_{\square} \quad (4)$$

де B' - ширина заплави, визначена на основі карт четвертинних відкладів або польових вимірювань;

B - ширина русла;

k – коефіцієнт, за яким враховують вплив ерозії, ґрунтів та тип підстильної поверхні. Його визначають на основі статистичних даних з обстеження місцевості.

Вимірювання ширини заплави та ширини русла для кожної ділянки здійснено за картами четвертинних відкладів та топографічними картами в обраних точках на відстані через кожні 3-4 км (загалом виміряно 120 точок). У дисертаційній роботі також запропоновано вираз критерію стійкості річок.

Таблиця 3

Розраховані показники стійкості русла річки Дністер

№	Основні математичні вирази для визначення коефіцієнта стійкості русла	Критерії стійкості русла річки, від нестійкого до стійкого	Досліджувані ділянки				
			I	II	III	IV	V
1	$L = d/I$	2 – <50	11,2	4,6	3,7	2,9	5,6
2	$L_0 = (d/I) \cdot (B/h) \cdot A$, (A – коефіцієнт ерозії (0,03))	2 – <50	10,1	5,2	5,6	10,9	11,9
3	$K_s = 1000 \cdot (d/B \cdot I)$	6 – >100	749	154	74	20	46
4	$\Psi = d/h \cdot I$	1 – 15	22,5	5,8	3,7	2,5	3,3
5	$G = (\sqrt{B})/h$	18 – 1	7,7	6,8	7,1	10,2	6,4
6	$K_u = \sqrt{(B \cdot d)/h}$	5 – 40	38,7	19,4	7,1	11,2	11,9
7	$K_r = (d \cdot B)/(h \cdot I)$	30 – 1500	337	174	185	368	392
8	$K = (B'/B) \cdot k$	100 – 1	9,1	18	47	20	2,1
	Максимальні зміщення, м		100-150	540-610	900-950	610-870	200-300

Червоним кольором в табл. 3 виділено обчислені значення коефіцієнтів стійкості, які не відповідають загальній характеристиці стійкості ділянки русла. З аналізу випливає, що математичні вирази 1,2,3,4,6,7 на 4 і 5 ділянці річки не відповідають обрахованим критеріям стійкості. Що стосується виразу 5, то за винятком 4 ділянки всі коефіцієнти стійкості не відповідають характеристикам русла річки. Запропонований математичний вираз 8 показує оптимальні результати для розрахунку стійкості русла всіх ділянок річки Дністер.

Використання БПЛА для побудови ЦМР в ділянках значних деформацій русла річки Дністер

З метою експериментальної перевірки можливості застосування технології для прогнозування затоплення земель під час повеневих явищ, яка базується на створенні ЦМР, проведено експериментальне знімання ділянки р. Дністер в околицях м. Самбір. Площа ділянки 3 км². Для побудови ЦМР використано фотограмметричний метод за знімками, отриманими з БПЛА Trimble UX5 камерою Sony NEX-5R. Висота цифрового знімання складала 200 м. Технічні характеристики БПЛА та цифрової камери подано в дисертаційній роботі. Організовано польову експедицію для визначення координат точок, необхідних для прив'язки ортофотоплану до геодезичної системи координат, а також для визначення координат контрольних точок з метою оцінки точності побудованої ЦМР. Геодезичну основу визначено за методикою ГНСС визначення координат точок на підставі отримання інформації сигналів із супутників. Метод ГНСС

використано для визначення координат центрів проекції та для побудови ЦМР. Апріорна оцінка точності визначення позначок точок моделі становить 0,21 м.

Опрацювання матеріалів знімання з прив'язкою центрів проекцій знімків до геодезичної основи виконано в програмі Pix4D. Цифрову модель місцевості з метою усунення високої рослинності (дерева, кущі) опрацьовано за допомогою модулів Terra Modeler та Terra Scan. Однак, виправити модель за рахунок високої трав'янистої та щільної кущової рослинності повністю не вдалося. На рис. 6 подано цифрову модель рельєфу досліджуваної ділянки р. Дністер. З рис. 7 видно складний характер меандрування річки. Ортофотоплан цієї ділянки подано у дисертаційній роботі.

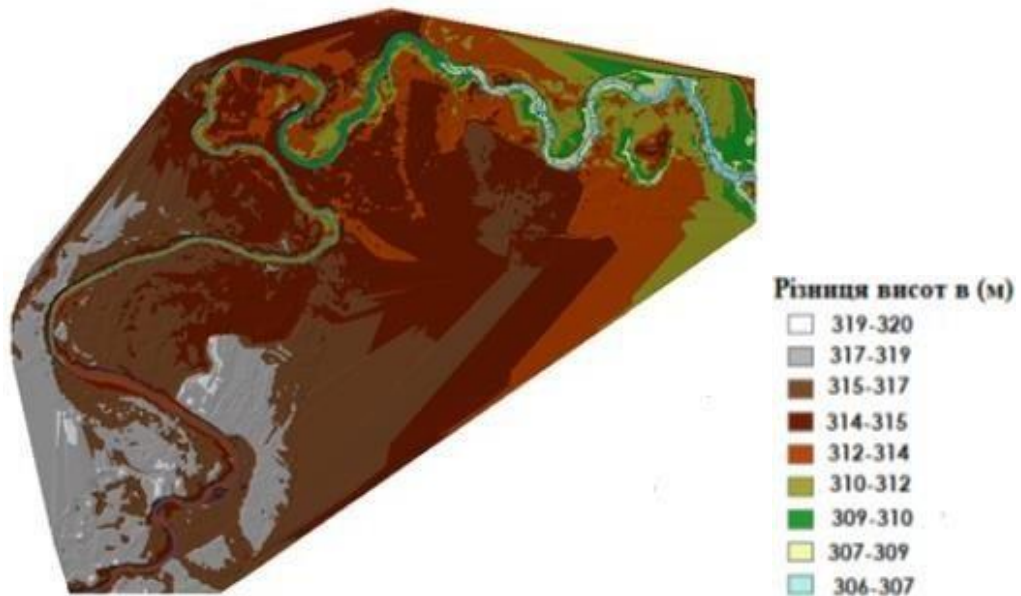


Рис. 7. Цифрова модель рельєфу досліджуваної ділянки р. Дністер

З метою визначення точності ЦМР досліджуваної ділянки після побудови ортофотоплану та ЦМР на місцевості було проведено ідентифікацію характерних точок і визначено вище згаданим ГНСС методом їх планово-висотні координати.

За результатами визначених позначок контрольних точок методом ГНСС та з ЦМР, побудованої за допомогою програмного забезпечення Pix4D, обчислено різниці позначок Δh . У дисертаційній роботі подано графік зміни Δh в кожній визначеній точці. У табл. 4 подано апостеріорну оцінку точності визначення позначок точок ЦМР досліджуваної ділянки для різних об'єктів покриття.

Таблиця 4

Апостеріорна оцінка точності визначення позначок точок ЦМР досліджуваної ділянки

Об'єкт покриття	Кількість контрольних точок	Середня квадратична похибка m_h (м)
Пісок, трава	28	0,31
Висока трава, кущі, чагарники	44	0,64

Відповідно з метою прогнозування підтоплення земель, застосування БПЛА за висоти знімання до 200 м можливе для створення ЦМР земної поверхні, покритої невисокою рослинністю. За знімання земної поверхні з високою рослинністю необхідно знімання проводити ранньою весною або восени за безлистяного покриву і відсутності трав'янистої рослинності або використання бортових систем "Lidar".

У третьому розділі дисертаційної роботи «**Дослідження горизонтальних зміщень русел приток річки Дністер**» проаналізовано характер русел правобережних та лівобережних приток з урахуванням впливу геологічних структур та визначено горизонтальні зміщення русел цих річок. Проведено аналіз коефіцієнтів стійкості та звивистості із застосуванням різних математичних виразів.

Дослідження русел правобережних приток

Розглянуто такі правобережні притоки : р. Стрий, р. Лімниця та р. Бистриця (притоки Надвірнянська та Солотвинська). Залежно від характеру горизонтальних зміщень та морфологічних властивостей кожен з цих річок було умовно поділено на певні ділянки. Правобережні притоки характерні паводковим режимом протягом усього року. В дисертаційній роботі наголошено, що правобережні притоки річки Дністер проходять через Скибовий покрив Українських Карпат, що спричиняє перетворення з однорукавного русла в гірській частині на багаторукавні в передгірській її частині, та річки із значним меандруванням і горизонтальними зміщеннями в рівнинній частині приток.

Дослідження зміщень річки Стрий. Довжина досліджуваного об'єкту 93 км. Моніторинг проведено за 128-річний період. Річку Стрий умовно поділено на : гірську, передгірську та рівнинну частину. Довжина гірської частини – 25 км. В гірській частині для визначення зміщень набрано 5 точок. Гірська частина річки Стрий характерна незначними зміщеннями, максимальне зміщення становить 160 м. Довжина передгірської ділянки – 50 км. Передгірська частина річки Стрий характерна багаторукавністю. У 9 точках виміряна ширина багаторукавності. (рис. 8) У 1886 році максимальна ширина багаторукавності досягла до 1.5 км, річка поділялась на 3-4 рукави. Майже через 100 років (1989 р.), ширина між крайніми рукавами зменшується до 500 м, однак зауважено значне переплетення русла, яке спостерігаємо і на космічному знімку (2000 р.). На космічному знімку (2016 р.) русло р. Стрий у цій ділянці однорукавне. Довжина рівнинної частини р. Стрий - 18 км. На рівнинній ділянці виміряно значні зміщення, які досягають величини 1,2 км. Зміщення виміряно у 8 точках. На австрійській карті зауважено 20 стариць та 12 островів, але з часом ця кількість зменшилась і на космічному знімку 2014 року ідентифіковано 12 стариць та 2 острови.

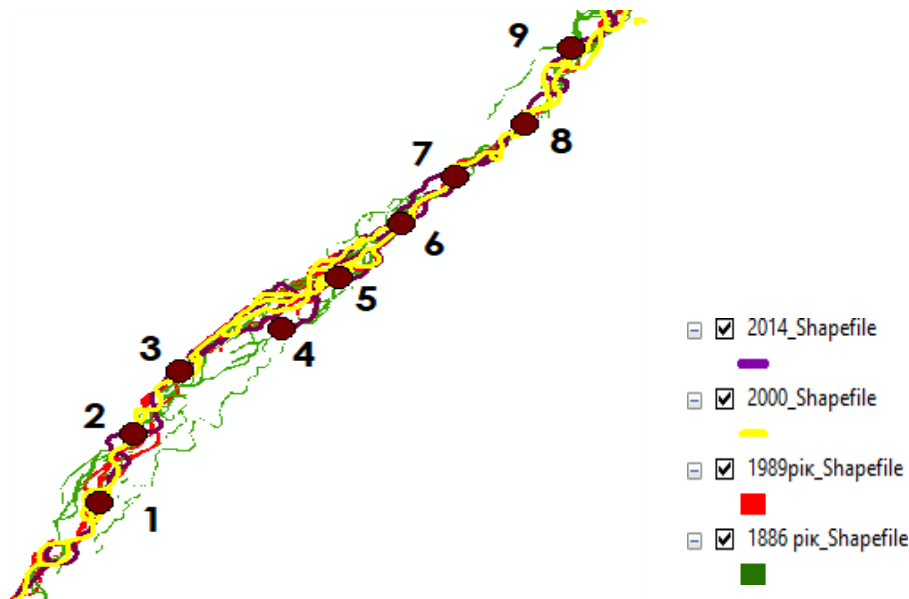


Рис. 8. Загальний вигляд оцифрованих русел передгірської частини річки Стрий

Аналіз зміщень річки Бистриця. Бистриця має довжину 17 км, а її притоки : Надвірнянська – 94 км і Солотвинська – 82 км. Моніторинг здійснено за 106-річний період. Цю річку поділено умовно на три частини : гірську, горбисту з широкою рівниною та рівнинну. Притоку Бистриці – Бистрицю Солотвинську поділено на 2 частини : гірську та рівнинну. В гірській частині довжина - 13 км (Бистриця Надвірнянська), 34 км (Бистриця Солотвинська). Виміри зроблено у 3 точках з максимальними зміщеннями, які становлять : для Бистриці Надвірнянської – 170 м, Бистриці Солотвинської – 270 м. Довжина другої ділянки 19 км. Друга частина Бистриці Надвірнянської характерна тим, що русло 1886 року одорукавне, на решті зображень (1989, 2000 та 2014 рр.) спостерігається багаторукавність та переплетіння русел на деяких ділянках. Найбільша ширина багаторукавності 760 м (2016 р.). Русло розділяється на 2 рукави. Ця частина заболочена. Довжина рівнинної ділянки - 39 км. На рівнинній частині річки максимальна ширина багаторукавності 500-700 м. Русло у всі часові періоди розділяється на 2-3 рукави із значним переплетенням. Максимальні значення зміщень річки Бистриця в цій частині сягають до 500 м. Зміщення виміряно у 3 точках.

Дослідження зміщень річки Лімниця. Довжина річки Лімниця - 122 км. Проаналізовано річку за 106-річний період. Цю річку поділено умовно на три частини : гірську, горбисту з болотистою рівниною та рівнинну. Довжина частини русла річки Лімниці у гірській частині 21 км. В гірській частині річки Лімниці майже не зауважено зміщень. Зафіксовано тільки одну точку зі зміщенням, яке досягає 250 м. Довжина другої частини 29 км. Ця частина русла характерна значною багаторукавністю річки, русло розділяється на 3 рукави. Ширина між рукавами досягає 1000 - 1300 м (1910 р.). Довжина рівнинної частини річки 35 км. У третій частині русло річки теж багаторукавне, але значно зменшується у цій ділянці. Ширина багаторукавності тут досягає 600 м на карті 1910 року, а на картах інших періодів (1989, 2000 і 2016 рр.) вона вже становить 250 та 200 м. Русло розгалужується на 2 рукави. Тут виміряно

зміщення за період 1910 – 1989 рр., які становлять 490 м. А на інших вимірних точках вони становлять 200-300 м (1910-1989 рр.).

Аналіз зміщень лівобережних приток

Досліджено 5 основних лівобережних приток річки Дністер : Золота Липа (85 км), Серет (242 км), Збруч (244 км), Стрипа (147 км) та Смотрич (169 км). Ліві притоки Дністра, що беруть початок на Волино-Подільській височині, течуть в низьких берегах. Наближаючись до Дністра, вони розмивають тверді породи, в зв'язку з чим береги стають крутими і високими. Проведено моніторинг лівобережних приток за 107-річний період з використанням топографічних карт масштабів 1:200 000 і 1:100 000 (1910, 1930 та 1985 рр.), космічного знімка Sentinel 2 (2017 р.), карт масштабу 1:200000 : четвертинних відкладів (1987 р.) та ґрунтового покриву (1967 р.). Лівобережні притоки було поділено на 2 частини : горбисту та каньйонну. На рис. 9 показано оцифровані русла лівобережних приток за різні часові періоди з нанесеними точками руслових зміщень, де : зеленим кольором зображено русло ріки 1910 р.; синім – 1930 р.; червоним – русло 1985 р.; фіолетовим – 2017 р.

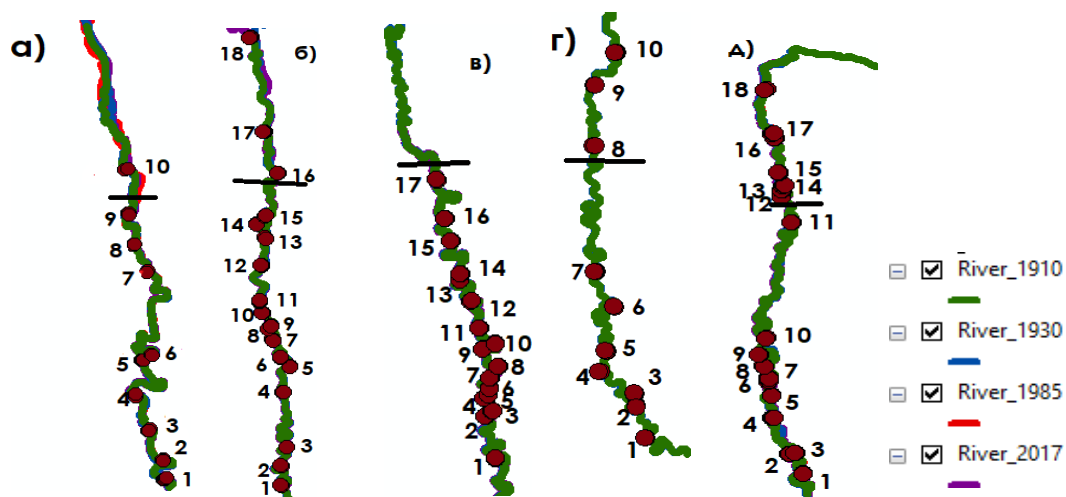


Рис. 9. Оцифровані русла лівобережних приток з нанесеними точками руслових зміщень (верх-горбиста частина; низ – каньйонна частина)

Максимальні зміщення в метрах подано у табл. 5.

Таблиця 5

Максимальні зміщення лівобережних приток

Річка Золота Липа			Річка Збруч			Річка Стрипа			Річка Серет			Річка Смотрич		
1910-1989	1989-2000	2000-2016	1910-1989	1989-2000	2000-2016	1910-1989	1989-2000	2000-2016	1910-1989	1989-2000	2000-2016	1910-1989	1989-2000	2000-2016
100-200	60-90	20-80	100-170	100-140	50-80	100-220	50-100	50-100	100-240	100-150	50-100	100-280	50-190	40-80

Як видно із табл. 5, порівняно із правобережними притоками Дністра горизонтальні зміщення є в 2-3 рази меншими.

Стійкість правобережних та лівобережних приток Дністра

У дисертаційній роботі наведено основні морфометричні характеристики зазначених трьох ділянок русел кожної правобережної притоки річки Дністер, а в табл. 6 показано розрахункові показники стійкості русла за виразами, наведеними в першій колонці.

Стійкість оцінено на підставі обрахованих коефіцієнтів з порівнянням їх за критеріями стійкості. Критерії стійкості подані авторами за результатами аналізу різного типу річок. Аналіз стійкості в дослідженні виконано на підставі порівняння визначених коефіцієнтів стійкості та горизонтальних зміщень. Якщо ці дві величини не узгоджуються, такі результати в таблиці позначено червоним кольором .

Таблиця 6

Розрахункові показники стійкості русел правобережних приток

№	Математичні вирази	Критерії стійкості	Річка Стрий			Річка Бистриця з притокою Надвірнянська			Річка Бистриця з притокою Солотвинська		Річка Лімниця		
			I	II	III	I	II	III	I	II	I	II	III
			1	$L = d/I$	2 – <50	17,8	5,5	2,2	4,5	1,1	0,2	4,9	0,4
2	$L_0 = (d/I) \cdot (B/h) \cdot A$, (A – коефіцієнт ерозії (0,03))	2 – <50	42,7	10,3	3,3	2,7	0,4	0,1	2,9	0,3	4,7	1,8	0,7
3	$K_s = \frac{1000}{d/B \cdot I}$	6 – >100	446	111	45,4	450	58,8	7,6	490	16	167	38	14,2
4	$\Psi = d/h \cdot I$	1 – 15	35,7	6,9	2,2	9	0,8	0,1	9,8	0,4	7,3	1,5	0,5
5	$G = (\sqrt{B})/h$	18 – 1	12,6	8,8	7	6,3	3	2,8	6,3	5	9,3	6,3	4,7
6	$K_u = \sqrt{(B \cdot d)/h}$	5 – 40	63,2	25	7	31,6	11,5	4	31,6	7	46,9	20	8
7	$K_r = \frac{(d \cdot B)}{(h \cdot I)}$	30 – 1500	1428	347	113	90	15,7	4	98	10	161,7	60,7	23,8
8	$K = (B'/B) \cdot k$	100 – 1	6,6	20,5	29,5	9,8	21	28	9,7	32	9	25	30
	Максимальні зміщення, м		100-150	500-600	900-1100	50-100	400-500	300-550	150-250	280-570	70-250	500-600	300-500

Зеленим кольором зазначено середню ширину багаторукавності другої частини правобережних приток. З аналізу випливає, що вираз 5 для всіх приток, окрім притоки річки Бистриці Солотвинської, не відповідає обрахованим критеріям стійкості. Математичний вираз 3 для II частини річки Стрий теж не відповідає критерію стійкості. Вирази 1,2,4,6,7,8 відповідають запропонованим критеріям. Що стосується запропонованого виразу 8, то він теж дає оптимальні результати для розрахунку стійкості русел правобережних приток річки Дністер.

Розрахунки стійкості лівобережних приток подано у таблиці 7.

Розрахункові показники стійкості русел лівобережних приток

№	Математичні вирази	Критерії стійкості	Золота Липа		Стрипа		Серет		Збруч		Смотрич	
			I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
			1.	$L = d/I$	$2 - < 50$	33,3	17,5	66,6	12,5	33,3	18,1	13,9
2.	$L_o = (d/I) \cdot (B/h) \cdot A$, (A – коефіцієнт ерозії (0,03))	$2 - < 50$	14,9	5,9	35,9	6,7	14,6	18,1	8,8	14,6	5,3	14,6
3.	$K_s = 1000 \cdot (d/B \cdot I)$	$6 - > 100$	2222	1031	3703	694	1515	363	437	483	1041	1083
4.	$\Psi = d/h \cdot I$	$1 - 15$	33,3	11,7	66,6	12,5	22,2	12,1	9,3	12,5	11,1	18,7
5.	$G = (\sqrt{B})/h$	$18 - 1$	3,8	2,7	4,2	4,2	3,1	4,7	3,7	4,1	2,6	3,4
6.	$K_u = \sqrt{(B \cdot d)/h}$	$5 - 40$	17,3	15	19	19	17	25,8	20,6	22,8	14,6	18,6
7.	$K_r = (d \cdot B)/(h \cdot I)$	$30 - 1500$	500	198	151	225	488	606	298	490	177	488
8.	$8. K = (B'/B) \cdot k$	100 – 1	32	15	19	9	12	7	16	7	25	10
Максимальні зміщення, м			150-220	100-220	100-120	150-220	150-240	50-80	100-180	100-170	100-200	100-280

Для лівобережних приток розходження у стійкості між виразами і величинами зміщень зауважено для більшості значень горбистої частини річок Золота Липа, Серет, Збруч та Смотрич. Однак мусимо зауважити, що власне в цій частині річки проводились гідротехнічні роботи. Для каньйонної частини вирази відповідають критерію стійкості. Запропонований вираз 8 для оцінювання стійкості, у якому враховується ширина заплави річки, узгоджується для лівобережних приток оптимально.

ВИСНОВКИ

Основними результатами дисертаційної роботи можна вважати:

1. Проаналізовано основні чинники змін руслових процесів річки Дністер та його приток, методи їх виявлення та фіксації.
2. Вперше запропоновано визначати горизонтальні зміщення річок за довгостроковий період на підставі концептуальної моделі, підставою якої слугують топографічні карти, космічні зображення, знімки з БПЛА, спеціальні геологічні та карти ґрунтів з опрацюванням матеріалів за допомогою геоінформаційних систем.
3. Вперше досліджено вплив геологічних структур на характер горизонтальних зміщень річки Дністер та його приток. Особливістю річки Дністер є те, що частина річки та її правобережні притоки протікають через Скибовий покрив Українських Карпат, внутрішню і зовнішню зону Передкарпатського прогину. На другу частину Дністра та його лівобережні притоки має вплив Волино-Подільська височина.
4. Визначено параметри переходу для різних картографічних проєкцій та точність трансформації топографічних карт Галичини австрійського та радянського періодів за допомогою спрощених формул Молоденського.
5. Проаналізовано горизонтальні зміщення річки Дністер та його лівобережних та правобережних приток за 100-140 літній період, встановлено, що максимальне зміщення русла річки Дністер спостерігається на рівнинних ділянках і становить від 600 до 1050 метрів. Гірські та каньйонні ділянки мають порівняно незначні зміщення, що на деяких ділянках досягають відповідно 300 і 350 метрів. Максимальні зміщення правобережних приток : р. Стрий – в

межах 800-1200 м, р. Лімниці – в межах 400-490 м, р. Бистриці – в межах 500-580 м. В деяких точках максимальні зміщення лівобережних приток досягають для річок : Золота Липа – 100-220 м, Збруч – 100-175 м, Стрипа – 150-220 м, Серет – 150-240 м та Смотрич – 200-280 м.

6. Вперше проаналізовано математичні вирази та критерії для визначення стійкості річок, запропоновані різними авторами. Здійснено порівняльний аналіз запропонованих критеріїв стійкості із визначеними горизонтальними зміщеннями річки Дністер та його приток. Виявлено деякі неузгодження цих двох критеріїв. Запропоновано вираз для визначення стійкості із урахуванням ширини заплави та ширини річки.

7. З метою оперативного прогнозування підтоплення земель та впливу руслових процесів на гідротехнічне будівництво застосовано методику побудови ЦМР з використанням БПЛА для ділянки річки із ускладненим меандруванням.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Бурштинська Х. Дослідження меандрування ріки Дністер з використанням геоінформаційних технологій / Х. Бурштинська, С. Третяк, В. Шевчук // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2017. - Випуск I (33). - С. 131-138.

2. Бурштинська Х.В. Моніторинг змін русла річки Стрий з використанням ГІС-технологій / Х. В. Бурштинська, С. К. Третяк, В.М. Шевчук // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. - випуск I (35). – 2018. - С. 138-146.

3. Третяк С.К. Моніторинг планових зміщень русел правобережних приток річки Дністер / С.К. Третяк // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2018. - Вип. II(36). - С. 77-86.

4. Заяць І. Дослідження зміщень русла ріки Дністер засобами ГІС-технологій / І. Заяць, С. Третяк, І. Радзій // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2018. - Вип. II (36). - С. 106-114.

Стаття у науковому періодичному виданні України, яке включене до міжнародної наукометричної бази

5. Бурштинська Х. В. Дослідження горизонтальних зміщень частини річки Дністер з використанням даних ДЗЗ та ГІС-технології / Х. В. Бурштинська, С. К. Третяк, М. К. Галочкін // Геодинаміка (входить до наукометричної бази Web of Science). – 2017. - Випуск 2(23). - С. 14-24.

Стаття у науковому періодичному виданні іншої держави

6. Burshtynska Kh. Monitoring of the riverbed of river Dniester using remote sensing data and GIS technologies / Kh. Burshtynska, V. Shevchuk, A. Babushka, S. Tretyak, M. Halochkin // 25th Anniversary Conference Geographic Information Systems Conference and Exhibition “GIS ODYSSEY 2018”. - p. 64-73.

Статті у науковому періодичному виданні іншої держави, яке включено до міжнародних наукометричних баз

7. Burshtynska Kh. Monitoring of the riverbeds of rivers Dniester and Tisza of the Carpathian region / Kh. Burshtynska, V. Shevchuk, S. Tretyak, V. Vekliuk // XXIII

- ISPRS Congress, Commission VII (Vol. XLIB7) 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic. - p. 177–182, doi:10.5194/isprs-archives-XLI-B7-177-2016, (“Scopus”).
8. Burshtynska Kh., Monitoring of the riverbed of river Dniester of the Carpathian Region using GIS technologies / Kh. Burshtynska, I. Zayac, S. Tretyak, M. Halochkin // Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji (Index Copernicus). – 2017. - vol. 29. - pp. 25-36.

Тези конференцій

9. Шевчук В.М. Дослідження планових зміщень ріки Дністер за космічними зображеннями / В. М. Шевчук, С. К. Третяк // Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції, 6 – 8 жовтня 2016 р., Ужгород – Синевир, Україна. - С. 161 – 166.
10. Бурштинська Х.В. Дослідження зміщень русла ріки Тиса за космічними зображеннями / Х. В. Бурштинська, С. К. Третяк // Матеріали VII науково-практичної конференції ‘Національне картографування: картографічні твори у пізнанні розвитку регіону’ (м. Київ, 11 листопада 2016 р.). – К.: ДНВП «Картографія». - 2016. – С. 142-147 .
11. Burshtynska Kh. Monitoring of the riverbed of river Dniester of the Carpathian Region using GIS technologies / Kh. Burshtynska, I. Zayac, S. Tretyak, M. Halochkin // Materialy z VIII Miedzynarodowej konferencji naukowej «Innowacyjne technologie geodezyjne, zastosowanie w roznych dziedzinach gospodarki». - Rzeszow, Polska, 7-9 czerwca 2017 r.. - str. 27.
12. Третяк С.К., Шевчук В.М. Моніторинг гірської частини русла ріки Дністер / В.М. Шевчук, С.К. Третяк // Матеріали 8-мої міжнародної науково-технічної конференції: «Моніторинг довкілля, фотограмметрія, геоінформатика – сучасні технології та перспективи розвитку», (14 - 16 вересня 2017, Львів-Східниця). - С. 121-124.

АНОТАЦІЯ

Третяк С.К. Моніторинг гідрографічних об’єктів засобами дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій.– На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.24.01 – «Геодезія, фотограмметрія та картографія». Національний університет «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України, Львів, 2019.

В дисертаційній роботі подано методику дослідження зміщень русел річки Дністер та її правобережних і лівобережних приток на підставі топографічних карт, космічних зображень та спеціальних карт з опрацюванням всіх матеріалів в програмному середовищі ArcGIS. Розглянуто суть руслових процесів та методи їх дослідження.

Проаналізовано вплив геологічних структур на зміщення русла річки Дністер та його приток від витоків річки до м. Заліщики, де річка Дністер протікає в каньйоні.

На основі спрощених формул Молоденського визначено вплив похибок параметрів на точність трансформації при переході від однієї системи координат до іншої.

Пораховано коефіцієнти стійкості русел та встановлено, що деякі вирази не відповідають визначеними авторами критеріям стійкості. Запропоновано вираз для визначення стійкості, в який входить ширина заплави та ширина русла річки.

Ключові слова: моніторинг, руслові процеси, зміщення русла, річка Дністер, топографічні карти, космічні зображення, карти четвертинних відкладів, карти ґрунтів, алювіальні та делювіальні відклади, геологічна структура, повені, багаторукавність.

АННОТАЦИЯ

Третьяк С.К. Мониторинг гидрографических объектов средствами дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.24.01 - «Геодезия, фотограмметрия и картография». Национальный университет «Львовска полиэхника» Министерства образования и науки Украины, Львов, 2019.

В диссертационной работе представлено методику исследования смещений русел реки Днестр и ее правобережных и левобережных притоков по топографическим картам, космическим изображениям и специальным картам с обработкой всех материалов при использовании программного комплекса ArcGIS. Проанализировано влияние геологических структур на смещение русла реки Днестр и его приток.

На основе упрощенных формул Молоденского определено влияние погрешностей параметров на точность трансформации при переходе от одной системы координат к другой.

Ключевые слова: мониторинг, русловые процессы, смещение русла, река Днестр, топографические карты, космические изображения, карты четвертичных отложений, карты почв, аллювиальные и делювиальные отложения, геологическая структура, наводнения, многорукавность.

ANNOTATION

Tretyak S.K. Monitoring of hydrographic objects using means of Earth remote sensing and geoinformation technologies. - On the rights of manuscript.

Thesis for obtaining a science degree of a Candidate of Technical Sciences in the specialty 05.24.01 "Geodesy, photogrammetry, and cartography". – Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2019.

River channel monitoring and determination of the characteristics of river channels are performed for the purpose of solving specific tasks of hydraulic engineering, designing power lines, gas pipes, and pipelines when crossing rivers, defining the boundaries of protected lands in the land registry, taking into account deformations of river channels in recreational activities and in environmental disturbance assessment.

Modern technologies for obtaining and processing information using data from Earth remote sensing and geoinformation systems opened up new possibilities for solving these tasks.

In the first chapter, the essence of river channel processes and methods used for their study, as well as the main morphometric characteristics and methods of determining stability and sinuosity of river channels, are considered. The analysis of literary sources includes both theoretical approaches and experimental works related to river channel processes, in particular to the methods of studying river channel shifts, factors influencing them, and their importance for solving particular tasks of environmental management.

The second chapter contains a technological scheme of the method which was used for determining horizontal shifts of the Dniester river channels according to topographic maps of different periods, space images, and maps of quaternary sediments, as well as soil maps, with further processing of materials in the ArcGIS software environment, which provides an opportunity to analyze shifts and obtain their metric values. The influence of geological structures on shifts of the Dniester river channels and its tributaries, from the riverhead to the town of Zalizhchyky, where the Dniester river flows through a canyon, was analyzed. Since part of the Dniester river and its right-bank tributaries flow within the Precarpathian Trough, while the rest of the Dniester river and its left-bank tributaries flow within the Volyn-Podilia platform, such a change in geological structures has a dominant impact on the nature of rivers.

Based on the simplified Molodensky transformations, the influence of errors in the transition parameters on the accuracy of transformation when switching from one coordinate system to another was determined. This method allows one to determine the accuracy of the transformation of historical maps into modern topographic maps.

It was found that some expressions do not meet stability criteria determined by the authors. An expression which can be used for determining stability was suggested, which includes floodplain width and river channel width. This chapter also deals with the use of UAVs when building digital elevation models for hydrological modeling and its use under the conditions of complex river channel configuration and significant river meandering.

The nature of streams of right-bank and left-bank tributaries are analyzed in the third chapter, horizontal river channel shifts of these rivers are also determined. The main difference in the nature of the right-bank and left-bank tributaries of the Dniester River, in our opinion, lies in the impact of geological structures. Stability and sinuosity coefficients were analyzed using different mathematical expressions.

Design organizations, agencies, and municipal structures in which the results of the study can be used were indicated.

Key words: monitoring, river channel processes, channel displacement, Dniester river, topographic maps, space images, maps of quaternary sediments, soil maps, alluvial and diluvial deposits, geological structure, floods, large number of river branches.

Підписано до друку 21.05.2019 р.
Формат 60x90 1/16. Папір офсетний.
Друк на різнографі. Умовн. друк. арк. 1,5. Обл.-видав. арк. 0,89.
Тираж 110 прим. Зам. 190868
Поліграфічний центр
Видавництва Національного університету “Львівська політехніка”
вул. Ф.Колесси, 4, 79013, Львів
Реєстраційне свідоцтво серії ДК № 4459 від 27.12.2012 р.